

## 日 本 国 特 許 庁

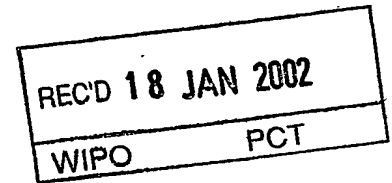
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類は下記の出願書類の謄本に相違ないことを証明する。  
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2001年9月3日

出 願 番 号  
Application Number: PCT/JP01/07585

出 願 人  
Applicant (s): 三菱電機株式会社  
小島 哲夫  
今野 進  
藤川 周一  
安井 公治

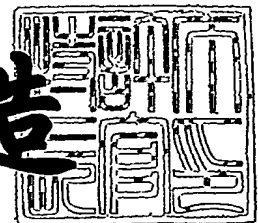


**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2001年12月28日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証平 13-500361

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

原本(出願用) - 印刷日時 2001年08月24日 (24.08.2001) 金曜日 17時28分57秒

0	受理官庁記入欄	
0-1	国際出願番号.	
0-2	国際出願日	
0-3	(受付印)	
0-4	様式-PCT/RO/101 この特許協力条約に基づく国際 出願願書は、 0-4-1 右記によって作成された。	PCT-EASY Version 2.92 (updated 01.03.2001)
0-5	申立て 出願人は、この国際出願が特許 協力条約に従って処理されるこ とを請求する。	
0-6	出願人によって指定された受理 官庁	日本国特許庁 (RO/JP)
0-7	出願人又は代理人の書類記号	529360W001
I	発明の名称	波長変換方法、波長変換装置、波長変換レーザ装置、 およびレーザ加工機
II	出願人	出願人である (applicant only)
II-1	この欄に記載した者は	米国を除くすべての指定国 (all designated States except US)
II-2	右の指定国についての出願人で ある。	
II-4ja	名称	三菱電機株式会社
II-4en	Name	MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA
II-5ja	あて名:	100-8310 日本国 東京都 千代田区 丸の内二丁目2番3号
II-5en	Address:	2-3, Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310 Japan
II-6	国籍 (国名)	日本国 JP
II-7	住所 (国名)	日本国 JP
II-8	電話番号	03-3213-3421
II-9	ファクシミリ番号	03-3218-2460



## 特許協力条約に基づく国際出願願書

原本（出願用） - 印刷日時 2001年08月24日（24.08.2001）金曜日 17時28分57秒

III-1 III-1-1 III-1-2 III-1-4j a III-1-4e n III-1-5j a	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は 右の指定国についての出願人である。 氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:  Address:  国籍(国名) 住所(国名)	出願人及び発明者である (applicant and inventor) 米国のみ (US only)  小島 哲夫 KOJIMA, Tetsuo 100-8310 日本国 東京都 千代田区 丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 c/o Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, 2-3, Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310 Japan 日本国 JP 日本国 JP
III-2 III-2-1 III-2-2 III-2-4j a III-2-4e n III-2-5j a	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は 右の指定国についての出願人である。 氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:  Address:  国籍(国名) 住所(国名)	出願人及び発明者である (applicant and inventor) 米国のみ (US only)  今野 進 KONNO, Susumu 100-8310 日本国 東京都 千代田区 丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 c/o Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, 2-3, Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310 Japan 日本国 JP 日本国 JP
III-3 III-3-1 III-3-2 III-3-4j a III-3-4e n III-3-5j a	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は 右の指定国についての出願人である。 氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:  Address:  国籍(国名) 住所(国名)	出願人及び発明者である (applicant and inventor) 米国のみ (US only)  藤川 周一 FUJIKAWA, Shuichi 100-8310 日本国 東京都 千代田区 丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 c/o Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, 2-3, Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310 Japan 日本国 JP 日本国 JP

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

原本(出願用) - 印刷日時 2001年08月24日 (24.08.2001) 金曜日 17時28分57秒

III-4 III-4-1 III-4-2 III-4-4j a III-4-4e n III-4-5j a	その他の出願人又は発明者 この欄に記載した者は 右の指定国についての出願人である。 氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:  Address:  国籍(国名) 住所(国名)	出願人及び発明者である (applicant and inventor) 米国のみ (US only)  安井 公治 YASUI, Koji 100-8310 日本国 東京都 千代田区 丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 c/o Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, 2-3, Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310 Japan 日本国 JP 日本国 JP
IV-1 IV-1-1ja IV-1-1en IV-1-2ja IV-1-2en IV-1-3 IV-1-4	代理人又は共通の代表者、通知 のあて名 下記の者は国際機関において右 記のごとく出願人のために行動 する。 氏名(姓名) Name (LAST, First) あて名:  Address:  電話番号 ファクシミリ番号	代理人 (agent)  宮田 金雄 MIYATA, Kaneo 100-8310 日本国 東京都 千代田区 丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 c/o Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, 2-3, Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310 Japan 03-3213-3421 03-3218-2460
IV-2 IV-2-1ja IV-2-1en	その他の代理人 氏名 Name(s)	筆頭代理人と同じあて名を有する代理人 (additional agent(s) with same address as first named agent) 高瀬 彌平 TAKASE, Yahei
V V-1	国の指定 広域特許 (他の種類の保護又は取扱いを 求める場合には括弧内に記載す る。)	---
V-2	国内特許 (他の種類の保護又は取扱いを 求める場合には括弧内に記載す る。)	CN DE JP KR US

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

原本（出願用） - 印刷日時 2001年08月24日（24.08.2001）金曜日 17時28分57秒


V-6	指定の確認の宣言 出願人は、上記の指定に加えて、規則4.9(b)の規定に基づき、特許協力条約のもとで認められる他の全ての国の指定を行う。ただし、V-6欄に示した国の指定を除く。出願人は、これらの追加される指定が確認を条件としていること、並びに優先日から15月が経過する前にその確認がなされない指定は、この期間の経過時に、出願人によって取り下げられたものとみなされることを宣言する。	
V-6	指定の確認から除かれる国	なし (NONE)
VI-1	先の国内出願に基づく優先権主張	2000年12月14日 (14.12.2000)
VI-1-1	出願日	特願2000-379925
VI-1-2	出願番号	日本国 JP
VI-1-3	国名	
VI-2	優先権証明書送付の請求 上記の先の出願のうち、右記の番号のものについては、出願書類の認証謄本を作成し国際事務局へ送付することを、受理官庁に対して請求している。	VI-1
VII-1	特定された国際調査機関(ISA)	日本国特許庁 (ISA/JP)
VIII	申立て	申立て数
VIII-1	発明者の特定に関する申立て	-
VIII-2	出願し及び特許を与えられる国際出願日における出願人の資格に関する申立て	-
VIII-3	先の出願の優先権を主張する国際出願日における出願人の資格に関する申立て	-
VIII-4	発明者である旨の申立て（米国を指定国とする場合）	-
VIII-6	不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て	-
IX	照合欄	用紙の枚数
IX-1	願書（申立てを含む）	5
IX-2	明細書	23
IX-3	請求の範囲	3
IX-4	要約	1
IX-5	図面	10
IX-7	合計	42
IX-8	添付書類	添付
IX-8	手数料計算用紙	✓
IX-9	個別の委任状の原本	✓
IX-11	包括委任状の写し	✓
IX-17	PCT-EASYディスク	-
IX-18	その他	納付する手数料に相当する特許印紙を貼付した書面
IX-19	要約書とともに提示する図の番号	1

y529360.txt

フレキシブルディスク

## 特許協力条約に基づく国際出願願書

原本（出願用） - 印刷日時 2001年08月24日（24.08.2001）金曜日 17時28分57秒

IX-20	国際出願の使用言語名:	日本語
X-1	提出者の記名押印	
X-1-1	氏名(姓名)	宮田 金雄

## 受理官庁記入欄

10-1	国際出願として提出された書類 の実際の受理の日	
10-2	図面:	
10-2-1	受理された	
10-2-2	不足図面がある	
10-3	国際出願として提出された書類 を補完する書類又は図面であつ てその後期間内に提出されたも のの実際の受理の日（訂正日）	
10-4	特許協力条約第11条(2)に基づ く必要な補完の期間内の受理の 日	
10-5	出願人により特定された国際調 査機関	ISA/JP
10-6	調査手数料未払いにつき、国際 調査機関に調査用写しを送付し ていない	

## 国際事務局記入欄

11-1	記録原本の受理の日	
------	-----------	--

## PCT手数料計算用紙(願書付属書)

原本(出願用) - 印刷日時 2001年08月24日 (24.08.2001) 金曜日 17時28分57秒

[この用紙は、国際出願の一部を構成せず、国際出願の用紙の枚数に算入しない]

0	受理官庁記入欄			
0-1	国際出願番号.			
0-2	受理官庁の日付印			
0-4	様式-PCT/R0/101 (付属書)			
0-4-1	このPCT手数料計算用紙は、 右記によって作成された。	PCT-EASY Version 2.92 (updated 01.03.2001)		
0-9	出願人又は代理人の書類記号	529360W001		
2	出願人	三菱電機株式会社		
12	所定の手数料の計算	金額/係数	小計 (JPY)	
12-1	送付手数料 T	⇒	18,000	
12-2	調査手数料 S	⇒	72,000	
12-3	国際手数料			
	基本手数料 (最初の30枚まで) b1	46,200		
12-4	30枚を越える用紙の枚数	12		
12-5	用紙1枚の手数料 (X)	1,100		
12-6	合計の手数料 b2	13,200		
12-7	b1 + b2 = B	59,400		
12-8	指定手数料 国際出願に含まれる指定国 数	5		
12-9	支払うべき指定手数料の数 (上限は6)	5		
12-10	1指定当たりの手数料 (X)	10,000		
12-11	合計の指定手数料 D	50,000		
12-12	PCT-EASYによる料金の減 額 R	-14,000		
12-13	国際手数料の合計 (B+D-R) I	⇒	95,400	
12-14	優先権証明書請求手数料 優先権証明書を請求した数	1		
12-15	1 優先権証明書当たり (X) の手数料	1,400		
12-16	優先権証明書請求手数料の 合計 P	⇒	1,400	
12-17	納付するべき手数料の合計 (T+S+I+P)	⇒	186,800	
12-19	支払方法	銀行口座への振込み		

EASYによるチェック結果と出願人による言及

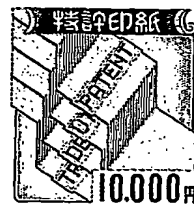
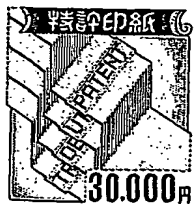
13-1-1	出願人による言及	1 0 2 4 3 弁理士 宮田金雄
--------	----------	--------------------

## PCT手数料計算用紙(願書付属書)

原本(出願用) - 印刷日時 2001年08月24日 (24.08.2001) 金曜日 17時28分57秒

13-2-2	EASYによるチェック結果 指定国	Green? より多くの指定が可能です。(以下の国が指定からはずされています: AP:( GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW); EA:( AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM); EP:( AT, BE, CH, LI, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR); OA:( BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG); AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, LI, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW) 確認してください。
13-2-7	EASYによるチェック結果 内訳	Green? 添付書類”包括委任状の写し”の包括委任状番号が記入されていません。
13-2-10	EASYによるチェック結果 注釈	Green? 願書に表示しなければならない通常の項目はすべて他のPCT-EASYの機能で入力することができます。言及を用いた表示の有効性について確認してください。
13-2-11	EASYによるチェック結果 受理官庁/国際事務局記入欄	Green? この願書を作成したPCT-EASYは英語版ないし西欧言語版以外のWindows上で動作しています。ASCII文字以外の文字について、願書と電子データを注意して比較してください。





送付手数料 ・ 調査手数料 90,000円

# 委任状

2001年8月8日

私儀 弁理士宮田金雄、同高瀬彌平を代理人と定めて、下記の権限を委任します。

1. 特許協力条約に基づく国際出願に関する一切の件
2. 上記出願及び指定国の指定を取下げる件
3. 上記出願についての国際予備審査の請求に関する一切の件並びに請求及び選択国の選択を取下げる件

あて名 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
三菱電機株式会社内  
氏 名 小島 哲夫



あて名 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
三菱電機株式会社内  
氏 名 今野 進



あて名 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
三菱電機株式会社内  
氏 名 藤川 周一



あて名 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
三菱電機株式会社内  
氏 名 安井 公治



# 包 括 委 任 状

2000 年 7 月 5 日

私儀 弁理士 宮田 金雄、同 高瀬 彌平を代理人と定めて、下記の権限を  
委任します。

1. 特許協力条約に基づく国際出願に関する一切の件
2. 上記出願及び指定国の指定を取下げる件
3. 上記出願についての国際予備審査の請求に関する一切の件並びに請求及び  
選択国の選択を取下げる件

あて名 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

名 称 三菱電機株式会社

代表者 代表取締役 谷 口 一 郎



## 明 細 書

波長変換方法、波長変換装置、波長変換レーザ装置、およびレーザ加工機

5

## 技術分野

この発明は、非線形光学結晶による波長変換技術に関するものである。

## 10 背景技術

第10図は、例えば特開平11-271820号公報に示された従来の波長変換装置を示す断面図である。第10図において、1は真空容器、2は例えばセシウム・リチウム・ボレート(化学式： $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ 、略称：CLBO)結晶等の非線形光学結晶、3a、3bは光学窓、4a、4b、4cはOリング、5は真空封止弁、6は固定金具である。7は波長変換装置全体を示す。

次に、動作について説明する。レーザビームは、入力側の光学窓3aから真空容器1内に入射し、非線形光学結晶2と相互作用して波長変換された後、出力側の光学窓3bから出射する。真空容器1の上部には、真空封止弁5が設けられており、真空容器1の本体と光学窓3a、3bおよび真空封止弁5の間は、Oリング4a、4b、4cによって封止されており、真空容器1の内部は真空に維持されている。

真空容器1の内部において、非線形光学結晶2は固定金具6によって上部から押さえられ、真空容器1の底部に固定されている。

25 上記のように、従来の波長変換装置は、波長変換結晶周囲の雰囲気は真空に維持されているので、真空にさらされる真空容器、Oリング、固

定金具などから不純物が発生し易く、不純物が非線形光学結晶 2（波長変換結晶）、光学窓に付着するため、波長変換レーザービーム（すなわち非線形光学結晶によって波長変換された光）を長期間安定に発生できない、また、容器を真空容器にすることが必要であり、装置が高価になるなどの問題点があった。

この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、非線形光学結晶によって波長変換された光を長期間安定に発生することのできる波長変換方法および波長変換装置、並びにそれを用いた波長変換レーザー装置およびレーザー加工機を提供することを目的とするものである。

#### 発明の開示

本発明に係る波長変換方法は、光を非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換方法において、前記非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体にして波長変換するものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

また、非線形光学結晶を窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体で覆って波長変換するものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より確実に長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

また、非線形光学結晶の波長変換される光が入射する面に接する雰囲気と、波長変換された光が出射する面に接する雰囲気とを、異なる成分の気体にして波長変換するものである。

これによれば、波長変換される光によって起こる非線形光学結晶と雰

囲気との相互作用、および波長変換された光によって起こる非線形光学結晶と雰囲気との相互作用を、それぞれ個別に効率良く防止することができるという効果が得られる。

また、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体は、窒素元素を含む  
5 ガスの体積含有率が10%以下の気体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、簡単な構成で長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

また、非線形光学結晶が、セシウムを含む結晶であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された紫外領域の高  
10 出力な光を、長期間安定に発生することができるという効果が得られる。  
。

また、気体が、希ガス、酸素ガス、または炭酸ガスのいずれかを主体とする気体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より簡  
15 単な構成で長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

また、非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気となる、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、アルゴンガスを主体とする気体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より確  
20 実に長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

本発明に係る波長変換装置は、光を非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換装置において、前記非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気を、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体とする手段を備えたものである。

25 これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

また、非線形光学結晶を窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体で覆う手段を備えたものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より確実に長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

- 5     また、非線形光学結晶の波長変換される光が入射する面に接する雰囲気と、波長変換された光が出射する面に接する雰囲気とを、異なる成分の気体とする手段を備えたものである。

- 10    これによれば、波長変換される光によって起こる非線形光学結晶と雰囲気との相互作用、および波長変換された光によって起こる非線形光学結晶と雰囲気との相互作用を、それぞれ個別に効率良く防止することができるという効果が得られる。

また、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体は、窒素元素を含むガスの体積含有率が10%以下の気体であるものである。

- 15    これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、簡単な構成で長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

また、非線形光学結晶が、セシウムを含む結晶であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された紫外領域の高出力な光を、長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

- 20    また、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、希ガス、酸素ガス、または炭酸ガスのいずれかを主体とする気体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より簡単な構成で長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

- 25    また、非線形光学結晶の光が出射する面に接する雰囲気となる、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、アルゴンガスを主体とする気体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より確実に長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

本発明に係る波長変換レーザ装置は、波長変換の光源となるレーザ装置と上記の波長変換装置とを備えたものである。

- 5      これによれば、波長変換レーザビームを長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

本発明に係る波長変換レーザ加工機は、加工機と、加工光源となる上記の波長変換レーザ装置とを備えたものである。

- 10     これによれば、長期間安定に精度良く均一な加工ができるという効果が得られる。

#### 図面の簡単な説明

- 第1図は本発明の実施例1による波長変換装置の縦断面図、第2図は本発明の実施例1による波長変換装置の縦断面図、第3図は本発明の実  
15     施例2による波長変換装置の縦断面図、第4図は本発明の実施例2による波長変換装置の縦断面図、第5図は本発明の実施例3による波長変換装置の縦断面図、第6図は本発明の実施例4による波長変換装置の縦断面図、第7図は本発明の実施例5による波長変換装置の縦断面図、第8図は本発明の実施例6による波長変換レーザ装置の縦断面図、第9図は  
20     本発明の実施例7による波長変換レーザ加工機の縦断面図、第10図は従来の波長変換装置の縦断面図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

- 本発明者らは、CLBO結晶を用いた波長変換特性の劣化原因を調べ  
25     るため、波長1064nmのネオジム・ヤグ(Nd:YAG)レーザの第2高調波、すなわち波長532nmのレーザ光を発生するレーザ装置を



光源とし、CLBO結晶を用いてNd:YAGレーザの第4高調波である波長266nmの紫外レーザビームの発生を100時間連続して行った。この連続紫外レーザビーム発生時には、CLBO結晶は、空気中でヒーター上に配置し、140℃の一定温度で用いた。また、発生した波  
5 長266nmの紫外レーザビームの平均パワーは20Wであった。

この100時間連続紫外レーザビーム発生試験後のCLBO結晶の紫外レーザビーム出射端面すなわち波長変換された光が出射する面には、新たに付着した物質が観測された。この物質の元素分析および構造分析を行った結果、付着物質は硝酸セシウム( $\text{CsNO}_3$ )を含む硝酸化合物  
10 であることが判明した。この硝酸セシウムはCLBO結晶の紫外レーザビーム出射端面のみに観測され、また、セシウムは波長変換に用いたCLBO結晶以外の部品には含まれない元素であることから、波長変換により発生した波長266nmの紫外レーザビームの作用により、CLBO結晶の成分であるセシウムと大気中の窒素が反応を起こして硝酸セシ  
15 ウムが生成したことが明らかである。また、CLBO結晶を用いた波長変換により硝酸セシウムが生成することは、本発明者らの行った平均パワー5W以上での長期連続紫外レーザビーム発生試験により、初めて明らかになった現象である。従来は、例えば文献(出来恭一 他、電気学会光・量子デバイス研究会資料、OQD-97巻、53-69号、41  
20 -46頁、1997年)に示されているように、出力4W以下での長期動作試験しか行われていなかったため、この現象は明らかになっていなかった。

以上の結果より、CLBO結晶を用いて波長変換を行う際には、非線形光学結晶の少なくとも波長変換された光が出射する面に接する雰囲気  
25 が空気よりも窒素元素の含有率が小さい気体となるようにして行い、望ましくは窒素元素(N)がほとんど含まれない気体となるようにして行え

ば、雰囲気は空気であるものに比較して長期間安定に高出力な波長変換をすることができることが明らかとなった。

#### 実施例 1.

第 1 図および第 2 図は、この発明を実施するための実施例 1 による波  
5 長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的  
には、第 1 図は波長変換装置の縦断面図であり、第 2 図は波長変換装置  
の横断面図である。

第 1 図および第 2 図において、2 は非線形光学結晶である。3 a、3  
b はレーザービームを透過する光学窓である。4 a、4 b は O リングであ  
10 る。1 1 は非線形光学結晶 2 を収納するための容器である。1 2 a、1  
2 b は光学窓押さえである。1 3 a、1 3 b は容器 1 1 にあけられた穴  
である。1 4 a、1 4 b は栓である。1 5 a、1 5 b は配管である。1  
6 は成分に窒素元素 (N) を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体  
である。1 7 a、1 7 b は非線形光学結晶 2 を容器 1 1 に固定するため  
15 の固定治具である。7 a は波長変換装置全体を示す。

非線形光学結晶 2 は、波長変換により波長 400 nm 以下の紫外レー  
ザビームを発生するための位相整合角度に両端面を切断、研磨され、固  
定治具 1 7 a、1 7 b により容器 1 1 上に固定される。ここでは、非線  
形光学結晶 2 は CLBO 結晶からなり、波長 532 nm のレーザービーム  
20 を波長 266 nm の紫外レーザービームに変換するための位相整合角度に  
両端面が切断、研磨されている。

光学窓 3 a、3 b は少なくとも波長 200 nm ~ 1500 nm のレー  
ザビームに対して透明な例えば石英 (化学式:  $\text{SiO}_2$ )、弗化カルシウ  
ム (化学式:  $\text{CaF}_2$ ) などからなり、両端面研磨されており、O リング  
25 4 a、4 b を介して光学窓押さえ 1 2 a、1 2 b により容器 1 1 に密着  
されている。栓 1 4 a、1 4 b は、ここでは P T ネジ (管用テーパネジ

）により容器 1 1 に直接接合するものを用いている。容器 1 1 は、光学窓 3 a、3 b と O リング 4 a、4 b および栓 1 4 a、1 4 b により気密に保たれている。

5 レーザビームは入力側の光学窓 3 a から容器 1 1 内に入射し、非線形光学結晶 2 によって波長変換された後、出力側の光学窓 3 b から出射する。

10 気体 1 6 は成分に窒素元素 (N) を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体であり、例えば希ガス、酸素ガス ( $O_2$ )、炭酸ガス ( $CO_2$ ) など为主体とした気体を用いることができ、配管 1 5 a、穴のあけられた栓 1 4 a を通して容器 1 1 内に流入され、穴の開けられた栓 1 4 b、配管 1 5 b を通して容器 1 1 から常時流出するように流されている。このため、容器内 1 1 は成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 1 6 によって満たされる。

15 本実施例 1 においては、波長変換装置 7 a は上記のように構成されており、非線形光学結晶 2 は、成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 1 6 にさらされているため、レーザビームの波長変換を行って、波長 400 nm 以下の紫外レーザビームの照射を受けても硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがなく、硝酸化合物により波長変換レーザビームに歪みが生じたり、さらに出力が低下したりする  
20 ことはないため、また、波長変換装置 7 a 内は真空にされていないので、容器から不純物が発生することがなく、不純物が非線形光学結晶 2 や光学窓に付着することがないため、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザビームを発生することができるという効果を奏する。また、波長変換装置 7 a は厳密な気密容器にする必要がなく、また、希ガス  
25 、酸素、炭酸ガスなどを少量流すだけで、長期間安定に高出力な波長変換レーザビームを発生することができるので、波長変換装置を安価に提

供することができるという効果も奏する。

なお、非線形光学結晶 2 としては、セシウム・リチウム・ボレート (化学式:  $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ 、略称: CLBO) 結晶、セシウム・ボレート (化学式:  $\text{CsB}_3\text{O}_5$ 、略称: CBO) 結晶などのセシウムを含む結晶が  
5 適しているが、リチウム・ボレート (化学式:  $\text{LiB}_3\text{O}_5$ 、略称: LBO) 結晶、ベータ・バリウム・ボレート (化学式:  $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 、略称: BBO)、ガドリニウム・イットリウム・カルシウム・オキシボレート (化学式:  $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_4(\text{BO}_3)_3$ 、略称: GdYCOB) 結晶などのセシウムを含まない結晶であってもセシウム以外の元素が窒素と反応  
10 して窒素化合物を形成する可能性があるので、使用可能である。

また、容器 11 として円柱形のものを例として示したが、どのような形でもよく、例えば立方体あるいは直方体などでもよい。

また、栓 14a、14b として例えば PT ネジ、O リングなどにより容器 11 に直接接合されるものを示したが、この他配管の途中に設ける  
15 ものなどを用いることができる。

また、上記実施例 1 では、栓 14a、14b を開けて窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 を常時流す例について説明したが、容器 11 内を窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 で満たした後、栓 14a、14b を閉めて気体 16 を容器 11 内  
20 に密封するようにして、すなわち非線形光学結晶を封止したセルにして使用してもよく、上記実施例 1 と同様の効果がある。

## 実施例 2.

第 3 図および第 4 図は、この発明を実施するための実施例 2 による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的  
25 には、第 3 図は波長変換装置の縦断面図であり、第 4 図は波長変換装置の横断面図である。

第3図および第4図において、2、3 a、3 b、4 a、4 b、11、12 a、12 b、13 a、13 b、14 a、14 b、15 a、15 b、16は上記実施例1に示したものと同一のものであり、同一の作用をする。17 c、17 dは非線形光学結晶2を加熱素子18上に固定するための固定治具である。18は電熱ヒーターを備えた加熱素子である。19は断熱材である。7 bは波長変換装置全体を示す。また、図示はされていないが、加熱素子18内には温度をモニタするための温度センサが設けられており、加熱素子18および温度センサは図示されていない電線を通じて波長変換装置7 b外部の温度コントローラに接続されている。

加熱素子18は、温度コントローラにより温度センサからの信号に応じて電熱ヒーターに流される電流を制御され、100℃を超える一定温度に制御されることにより、固定治具17 c、17 dおよび非線形光学結晶2の温度を100℃以上の一定温度に保つ。

15 レーザビームは入力側の光学窓3 aから容器11内に入射し、非線形光学結晶2によって波長変換された後、出力側の光学窓3 bから出射する。

本実施例2においては、波長変換装置7 bは上記のように構成されており、非線形光学結晶2は100℃以上の一定温度に保たれている。その結果、気体16に微量の水分が含まれている場合でも非線形光学結晶2が水分を吸収することがないため、長期間安定に波長変換レーザビームを発生することができるという効果を奏する。また、実施例1の場合と同様に、非線形光学結晶2は、成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体16にさらされており、レーザビームの波長変換を行って、波長400 nm以下の紫外レーザビームの照射を受けても硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがなく、また、波長変換装

置 7 a 内は真空にされていないので、容器から不純物が発生することがないため、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザビームを発生することができるという効果を奏する。また、波長変換装置 7 b は真空容器にする必要がないので、波長変換装置を安価に提供することができるという効果も奏する。

5

なお、容器 1 1 として円柱形のものを例として示したが、どのような形状でもよく、例えば立方体あるいは直方体などでもよい。

また、栓 1 4 a、1 4 b として例えば P T ネジ、O リングなどにより容器 1 1 に直接接合されるものを示したが、この他配管の途中に設ける

10

ものなどを用いることができる。

また、加熱素子 1 8 として電熱ヒーターを備えた例を示したが、これに限るものでなく、例えばペルチェ素子など加熱できる素子を備えていればよい。

さらに、上記実施例 2 では、栓 1 4 a、1 4 b を開けて窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 1 6 を常時流す例について説明したが、容器 1 1 内を窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 1 6 で満たした後、栓 1 4 a、1 4 b を閉めて気体 1 6 を容器 1 1 内に密封するようにして使用してもよく、上記実施例 2 と同様の効果がある。

20

### 実施例 3.

第 5 図は、この発明を実施するための実施例 3 による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変換装置の縦断面図である。

第 5 図において、2、1 6、1 7 a、1 7 b は上記実施例 1 に示したものと同一のものであり、同一の作用をする。3 5 は容器本体、3 6 a、3 6 b は蓋、3 7 は容器である。3 8 a、3 8 b は蓋 3 6 a、3 6 b

25

にあげられた光が通過する穴である。13cは容器本体35にあげられた穴である。14cは栓である。15cは配管である。7cは波長変換装置全体を示す。

容器本体35と蓋36aおよび36bとで容器37を構成し、蓋36aおよび蓋36bにはそれぞれ光が通過する穴38aおよび穴38bが開けられている。

配管15cから栓14cを通じて、容器本体35に設けられた穴13cから容器37内に窒素以外の気体が主成分である気体16、例えば希ガス、酸素ガス、炭酸ガスなどを主体とした気体を流入させる。気体16は、容器37内の空気を置換して容器37内を気体16で満たすとともに穴38a、38bより排出される。

このように、容器37は必ずしも気密である必要はなく、非線形光学結晶2の雰囲気は窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体になればよい。また、少なくとも非線形光学結晶2の波長変換された光が出射する面に接する気体が窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体になればよく、上記実施例1と同様の効果が得られる。

なお、上記実施例2の場合と同様に、加熱素子18および断熱材19を備え、非線形光学結晶2を100℃以上の一定温度に保つようにしてもよい。

なお、これまでの実施例1～3では、非線形光学結晶2の雰囲気が窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体になるようにしたが、少なくとも空気よりも窒素元素の含有率が小さい気体であれば、雰囲気が空気である場合に比較して長期間安定に高出力な波長変換をすることができる。ただし、窒素の体積含有率が10%以下であることが好ましく、さらには1%以下であることがより好ましい。従って、非線形光学結晶2を配置した容器内に流しまたは封入する希ガス、酸素ガス、炭

酸ガス等を主体とした気体は、純度の高い気体でなくてもよく、グレードの低い安価な気体を使用できる。希ガス、酸素ガス、炭酸ガス等を主体とした気体は、それらのガスの体積含有率が例えば50%以上であることが好ましく、90%以上、さらには99%以上であることがより好ましい。

#### 実施例4.

第6図は、この発明を実施するための実施例4による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変換装置の縦断面図である。

- 10 第6図において、2、3a、3b、4a、4b、11、12a、12b、17c、17d、18、19は上記実施例1または2に示したものと同一のものであり、同一の作用をする。13a、13b、13c、13dは容器11に明けられた穴である。14a、14b、14c、14dは栓である。15a、15b、15c、15dは配管である。16b
- 15 は成分に窒素元素(N)を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体である。16aは気体16bとは異なる成分からなる気体である。7dは波長変換装置全体を示す。なお、第6図では明記していないが、容器11内において、非線形光学結晶2の波長変換される光が入射する面（以下、入射端面と言うこともある。）に接する空間と、波長変換された光が
- 20 出射する面（以下、出射端面と言うこともある。）に接する空間とは、例えば隔壁などによって分離されている。

- 非線形光学結晶2は、波長変換により波長400nm以下の紫外レーザービームを発生するための位相整合角度に両端面を切断、研磨され、固定治具17c、17dにより容器11上に固定される。ここでは、非線
- 25 形光学結晶2はCLBO結晶からなり、波長532nmのレーザービームを波長266nmの紫外レーザービームに変換するための位相整合角度に



両端面が切断、研磨されている。

レーザービームは、入力側の光学窓 3 a から容器 1 1 内に入射し、非線形光学結晶 2 によって波長変換された後、出力側の光学窓 3 b から出射する。

- 5 気体 1 6 a は、配管 1 5 b から栓 1 4 b および穴 1 3 b を通って容器 1 1 内における非線形光学結晶 2 の入射端面に接する空間に入り、非線形光学結晶 2 の入射端面に接する雰囲気気体を気体 1 6 a の雰囲気気とし、穴 1 3 a、栓 1 4 a、配管 1 5 a を通って容器 1 1 外に排出される。また、気体 1 6 b は、配管 1 5 c から栓 1 4 c、穴 1 3 c を通って容器 1 1
- 10 内における非線形光学結晶 2 の出射端面に接する空間に入り、非線形光学結晶 2 の出射端面に接する雰囲気気体を気体 1 6 b の雰囲気気とし、穴 1 3 d、栓 1 4 d、配管 1 5 d を通って容器 1 1 外に排出される。

- 本実施例 4 においては、波長変換装置 7 d は上記のように構成されており、非線形光学結晶 2 の出射端面は、成分に窒素元素を含まない、あ
- 15 るいは窒素元素が少ない気体 1 6 b にさらされていることから、レーザービームの波長変換を行って、非線形光学結晶 2 の出射端面に波長 4 0 0 nm 以下の紫外レーザービームの照射を受けても、硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがなく、硝酸化合物により波長変換レーザービームに歪みが生じたり、出力が低下したりすることはないため、高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを長期間安定に発生することができる
- 20 という効果を奏する。また、非線形光学結晶 2 の入射端面に接する雰囲気気と出射端面に接する雰囲気気とを異なる成分の気体 1 6 a と気体 1 6 b としたので、波長変換される光すなわち波長変換の基本波となる入射レーザービームによって起こる非線形光学結晶 2 と雰囲気気との相互作用、お
- 25 よび、波長変換された光すなわち波長変換レーザービームによって起こる非線形光学結晶 2 と雰囲気気との相互作用をそれぞれ個別に効率良く防止

することができるという効果を奏する。さらに、波長変換装置 7 d は真空容器にする必要がないので、容器から不純物が発生することがなく、しかも波長変換装置をより安価に提供することができるという効果も奏する。

- 5      また、実施例 2 の場合と同様に、加熱素子 1 8 および断熱材 1 9 を備えており、非線形光学結晶 2 を 1 0 0 °C 以上の一定温度に保つことにより、気体 1 6 a、1 6 b に微量の水分が含まれている場合でも水分を吸収することがないため、長期間安定に波長変換レーザビームを発生することができるという効果を奏する。しかしながら、加熱素子 1 8 および
- 10    断熱材 1 9 は必ずしも備えなくてもよい。

        なお、本実施例 4 で用いられる窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体としては、少なくとも空気よりも窒素元素の含有率が小さい気体であれば、雰囲気が空気であるものに比較して長期間安定に高出力な波長変換をすることができるものが得られる。ただし、窒素の体

15    積含有率が 1 0 % 以下であることが好ましく、さらには 1 % 以下であることがより好ましい。

        本発明者らは、CLBO 結晶を用いた波長変換特性の劣化原因を調べるため、さらなる試験を行った。例えば、実施例 2 で示した波長変換装置 7 b を用い、非線形光学結晶 2 として CLBO 結晶を用い、波長 5 3

20    2 nm のレーザビームを CLBO 結晶に入射させ、波長 2 6 6 nm の紫外レーザビームに変換する際、気体 1 6 として酸素ガス（体積含有率：9 9 . 7 %）を用い、CLBO 結晶を酸素（O<sub>2</sub>）雰囲気中に配置して 1 0 0 時間連続紫外レーザビーム発生試験を行った場合には、CLBO 結晶の波長 5 3 2 nm のレーザビーム入射端面には試験開始前と変化がな

25    かったが、CLBO 結晶の波長 2 6 6 nm 紫外レーザビーム出射端面のレーザビーム通過部分に変色が見られた場合があったが、この出射端面

のレーザービーム通過部分以外には変化がなく、出力は20Wを保持することができた。また、気体16としてアルゴンガス（体積含有率：99.9%）を用い、CLBO結晶をアルゴンガス（Ar）雰囲気中に配置して紫外レーザービーム発生試験を行った場合には、CLBO結晶の波長532nmのレーザービーム入射端面のレーザービーム通過部分に変色が見られたが、CLBO結晶の波長266nm紫外レーザービーム出射端面は試験開始前と変化がない場合があった。

したがって、非線形光学結晶2としてCLBO結晶を用いる場合、CLBO結晶の波長266nm紫外レーザービーム出射端面に接する雰囲気を、空気よりも窒素元素の含有率が小さい気体でかつ酸素以外の気体、例えばアルゴンガス（Ar）を主体とする気体の雰囲気とし、波長532nmのレーザービーム入射端面に接する雰囲気を、アルゴンガス以外の気体、例えば、酸素ガス（O<sub>2</sub>）を主体とする気体や空気などの雰囲気とすることにより、非線形光学結晶2と雰囲気との相互作用をより確実に防止できるので、高品質かつ高出力な波長変換レーザービームをより長期間より安定に発生することができる。

なお、非線形光学結晶2としては、セシウム・リチウム・ボレート（化学式：CsLiB<sub>6</sub>O<sub>10</sub>、略称：CLBO）結晶、セシウム・ボレート（化学式：CsB<sub>3</sub>O<sub>5</sub>、略称：CBO）結晶などのセシウムを含む結晶が適しているが、リチウム・ボレート（化学式：LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub>、略称：LBO）結晶、ベータ・バリウム・ボレート（化学式：β-BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、略称：BBO）、ガドリニウム・イットリウム・カルシウム・オキシボレート（化学式：Gd<sub>x</sub>Y<sub>1-x</sub>Ca<sub>4</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、略称：GdYCOB）結晶などのセシウムを含まない結晶であってもセシウム以外の元素が窒素と反応して窒素化合物を形成する可能性があるので、使用可能である。

また、上記実施例4では、栓14a、14b、14c、14dを開け

て気体 1 6 a、1 6 b を常時流す例について説明したが、容器 1 1 内における非線形光学結晶 2 の入射端面に接する空間および出射端面に接する空間をそれぞれ気体 1 6 a および気体 1 6 b で満たした後、栓 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d を閉めて気体 1 6 a および気体 1 6 b を容器 1 1 内のそれぞれの空間に密封するようにして、すなわち非線形光学結晶 2 を封止したセルにして使用してもよく、上記実施例 4 と同様の効果がある。

#### 実施例 5 .

第 7 図は、この発明を実施するための実施例 5 による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変換装置の縦断面図である。

第 7 図において、2、3 a、3 b、4 a、4 b、1 2 a、1 2 b、1 3 a、1 3 b、1 4 a、1 4 b、1 5 a、1 5 b、1 6、1 7 c、1 7 d、1 8、1 9 は上記実施例 1、2 に示したものと同一のものであり、同一の作用をする。4 c は O リングである。1 1 a は容器である。1 1 b は容器 1 1 a の蓋である。4 5 は断熱材 1 9 を固定するための固定治具である。4 6 は非線形光学結晶 2 の入射光に対する角度を調整する手段に相当する角度調整器である。4 7 は非線形光学結晶 2 における入射光の通過位置を調整する手段に相当する位置調整器である。7 e は波長変換装置全体を示す。

容器 1 1 a に、光学窓 3 a、3 b、O リング 4 a、4 b、および栓 1 4 a、1 4 b をつけ、蓋 1 1 b を開けた状態で、光学窓 3 a、3 b を通して非線形光学結晶 2 にレーザビームを通しながら、角度調整器 4 6 により非線形光学結晶 2 のレーザビームに対する角度を調整し、位置調整器 4 7 により非線形光学結晶 2 のレーザビーム通過位置を調整することにより、非線形光学結晶 2 により発生する波長変換レーザビームの出力

が所望の出力となるように調整した後、蓋 11b を閉めることにより、容器 11a を気密に保つ。その後、成分に窒素元素 (N) を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 を流すことにより、容器 11a 内は成分に窒素元素 (N) を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16

5 により満たされる。

本実施例 5 においては、波長変換装置 7e は上記のように構成されており、角度調整器 46 および位置調整器 47 を備えたので、例えば、実施例 4 で述べたように、気体 16 として酸素ガスやアルゴンガスを主体とする気体を用いて長時間、高出力で動作させた場合に、非線形光学結  
10 晶 2 である CLBO 結晶のレーザビーム出射端面や入射端面のレーザビーム通過部分に変色が生じることがあるが、このような場合に、位置調整器 47 により非線形光学結晶 2 のレーザビーム通過部を変色の無いところとずらし、角度調整器 46 により非線形光学結晶 2 の角度を調整することにより、波長変換レーザビームの出力を非線形光学結晶 2 のレー  
15 ザビーム通過部が劣化する前の出力に戻すことができ、実質的に非線形光学結晶 2 の寿命を延ばすことができるという効果を奏する。また、実施例 1 の場合と同様に、非線形光学結晶 2 は成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 にさらされているため、レーザビームの波長変換を行って、波長 400 nm 以下の紫外レーザビームの  
20 照射を受けても硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがなく、また、波長変換装置 7e 内は真空にされていないので、容器から不純物が発生することがなく、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザビームを発生することができるという効果を奏する。さらに、実施例 2 の場合と同様に、加熱素子 18 および断熱材 19 を備えており、非線  
25 形光学結晶 2 を 100℃以上の一定温度に保つことにより、気体 16 に微量の水分が含まれている場合でも非線形光学結晶 2 が水分を吸収する

ことがないため、長期間安定に波長変換レーザービームを発生することができるという効果を奏する。

5      なお、上記実施例 5 では、実施例 2 で説明したのと同様の波長変換装置に角度調整器 4 6 および位置調整器 4 7 を備えた場合について示したが、これに限るものではなく、実施例 1、3 または 4 で説明したのと同様の波長変換装置に角度調整器 4 6 および位置調整器 4 7 を備えてもよく、この場合にも同様の効果が得られる。

#### 実施例 6 .

10      第 8 図は、この発明を実施するための実施例 6 による波長変換レーザー装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変換レーザー装置の縦断面図である。

15      第 8 図において、2 は非線形光学結晶である。7 a は上記実施例 1 に示した波長変換装置である。2 0 はネオジム・ヤグ(Nd:YAG)レーザーの第 2 高調波である波長 5 3 2 nm のレーザービームを発生するレーザー装置である。2 1 はレーザー装置 2 0 から出射される波長 5 3 2 nm のレーザービームである。2 1 a は波長 5 3 2 nm のレーザービーム 2 1 の一部が非線形光学結晶 2 により波長 2 6 6 nm に波長変換されたレーザービームである。2 2 は波長 2 6 6 nm のレーザービームを透過し、波長 5 3 2 nm のレーザービームを反射するコーティングの施された波長選択鏡である。  
20      2 1 b は波長 2 6 6 nm の紫外レーザービームである。2 3 は基台である。2 4 は基台 2 3 上に波長変換装置 7 a を固定するための固定台である。2 5 は波長選択鏡 2 2 を基台 2 3 上に固定するための固定治具である。2 6 は波長変換レーザー装置全体を示す。

25      非線形光学結晶 2 は、例えばセシウム・リチウム・ボレート(化学式 :  $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ 、略称 : CLBO)結晶、セシウム・ボレート(化学式 :  $\text{CsB}_3\text{O}_5$ 、略称 : CBO)結晶、リチウム・ボレート(化学式 : L

- i  $B_3O_5$ 、略称：LBO)結晶、ベータ・バリウム・ボレート(化学式： $\beta-BaB_2O_4$ 、略称：BBO)、ガドリニウム・イットリウム・カルシウム・オキシボレート(化学式： $Gd_xY_{1-x}Ca_4(BO_3)_3$ 、略称：GdYCOB)結晶などからなり、波長変換により波長400nm以下の
- 5 紫外レーザービームを発生するための位相整合角度に両端面を切断、研磨されており、固定治具17a、17bにより容器11上に固定されている。ここでは、非線形光学結晶2はCLBO結晶からなり、波長532nmのレーザービームを波長266nmの紫外レーザービームに変換するためのタイプ1位相整合角度に両端面が切断、研磨されている。
- 10 レーザ装置20から出射された波長532nmのレーザービーム21は、波長変換装置7aに入射し、非線形光学結晶2によりその一部が波長266nmに波長変換され、レーザービーム21aとなる。レーザービーム21aは波長選択鏡22に波長266nm成分のみ透過され、波長532nm成分が反射されることにより、波長266nmの紫外レーザービーム21bとなる。
- 15 本実施例6においては、波長変換レーザー装置は上記のように構成されており、非線形光学結晶2は、成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体にさらされている。その結果、波長変換により波長400nm以下の紫外レーザービームの照射を受けても硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがないため、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを発生することができるという効果を奏する。また、波長変換装置7aは真空容器にする必要がないので、容器から不純物が発生することがなく、しかも波長変換レーザー装置を安価に提供することができるという効果も奏する。
- 20 25 なお、上記実施例6では、実施例1に示した波長変換装置7aを用いる例について示したが、実施例2～実施例5に示したいずれの波長変換

装置 7 b ~ 7 e を用いてもよく、上記実施例 6 と同様の効果を奏する。

また、上記実施例 6 では、ネオジム・ヤグ (Nd : YAG、化学式 Nd :  $Y_3Al_5O_{12}$ ) レーザの第 2 高調波である波長 532 nm のレーザービームを発生するレーザー装置 20 を光源として用いる例について説明したが、光源の波長はこれに限るものでなく、例えばイッテルビウム・ヤグ (Yb : YAG、化学式 Yb :  $Y_3Al_5O_{12}$ )、ネオジム・イルフ (Nd : YLF、化学式 Nd :  $LiYF_4$ )、ネオジム・ワイヴィオーフォー (Nd : YVO<sub>4</sub>)、チタン・サファイア (Ti :  $Al_2O_3$ ) の基本波、第 2 高調波などでもよく、上記実施例 6 と同様の効果を奏する。

#### 10 実施例 7.

第 9 図は、この発明を実施するための実施例 7 による波長変換レーザー加工機を説明するための図であり、より具体的には波長変換レーザー加工機の縦断面図である。

第 9 図において、26 は実施例 6 に示した波長変換レーザー装置である。27 はガルバノミラーである。28 は波長変換レーザー装置 26 から出射された波長 266 nm の紫外レーザービーム 21 b に対する角度を可変にガルバノミラー 27 を固定するガルバノミラー固定治具である。29 は f θ レンズである。30 は f θ レンズ固定治具である。31 はミラーレンズ固定治具である。32 はプリント基板、グリーンシートなどの加工物であり、ここでは、ガラスエポキシプリント基板である。33 は加工機基台である。34 はガルバノミラー 27、ガルバノミラー固定治具 28、f θ レンズ 29、f θ レンズ固定治具 30、ミラーレンズ固定治具 31、加工機基台 33 からなる加工機である。

ガルバノミラー 27 はガルバノミラー固定治具 28 によりミラーレンズ固定治具 31 に固定され、加工機基台 33 上に固定される。f θ レンズ 29 は f θ レンズ固定治具 30 によりミラーレンズ固定治具 31 に固



定され、加工機基台 3 3 上に固定される。

波長変換レーザ装置 2 6 から発せられた波長変換レーザビーム 2 1 b はガルバノミラー 2 7 に入射し、ガルバノミラー 2 7 によりその進行方向を可變的に変更される。進行方向を変更された波長変換レーザビーム 2 1 b は f  $\theta$  レンズ 2 9 に入射され、加工物 3 2 上に集光される。集光された波長変換レーザビーム 2 1 b は加工物 3 2 に穴をあける。

本実施例 7 においては、波長変換レーザ加工機は上記のように構成されており、波長変換レーザ装置 2 6 は長期間安定に波長変換レーザビーム 2 1 b を発生することができるため、長期間安定に精度良く均一な加工ができるという効果を奏し、品質の良いプリント基板の製造方法を提供する。また、波長変換装置 7 a は真空容器にする必要がないので、波長変換レーザ加工機を安価に提供することができるという効果も奏する。

なお、第 9 図では、ガルバノミラー 2 7 を設けて波長変換レーザビーム 2 1 b の進行方向を可變的に変更するものを示したが、基台 3 3 上に X Y ステージなどの加工物 3 2 を移動させる可動台を備えてもよく、また、ガルバノミラー 2 7 と可動台の両方を備えてもよい。

また、f  $\theta$  レンズ 2 9 を設けるものを示したが、平凸レンズ、両凸レンズなどを設けてもよい。

なお、上記実施例 7 においては、ガラスエポキシプリント基板からなる加工物 3 2 に穴をあける加工の例について示したが、加工物 3 2 はその他の材質のプリント基板、グリーンシート、電子部品、金属、ガラスなど加工対象となるものであればどのようなものであってもよく、また、加工についても切断、溶接、型彫り、マーキング、形成など、どのような加工であってもよく、上記実施例 7 と同様の効果を奏する。

例えば、加工物 3 2 を光ファイバとして、光ファイバに周期的屈折率

変化を生じさせるファイバグレーティング作成加工を行う場合、波長変換レーザ装置 26 は長期間安定に歪みの無い高品質な波長変換レーザビーム 21 b を発生することができるため、長期間安定に精度良く均一な加工ができるという効果を奏し、品質の良いファイバグレーティングの

5 製造方法を提供することができる。

#### 産業上の利用可能性

本発明による波長変換方法および波長変換装置は、例えば波長変換レーザ装置に用いることができ、さらに、この波長変換レーザ装置を用いて波長変換レーザ加工機を構成することができる。このような波長変換レーザ加工機は、長期間安定に精度良く均一な加工ができるので、例えば、プリント基板の製造やファイバグレーティングの製造など種々の加工において有利に使用することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 光を非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換方法において、  
前記非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気と  
5、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体にして波長変換することを  
特徴とする波長変換方法。
2. 非線形光学結晶を窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体で覆っ  
て波長変換することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の波長変換方  
法。
- 10 3. 非線形光学結晶の波長変換される光が入射する面に接する雰囲気と  
、波長変換された光が出射する面に接する雰囲気とを、異なる成分の気  
体にして波長変換することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の波長  
変換方法。
4. 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体は、窒素元素を含むガス  
15の体積含有率が10%以下の気体であることを特徴とする請求の範囲第  
1項に記載の波長変換方法。
5. 非線形光学結晶が、セシウムを含む結晶であることを特徴とする請  
求の範囲第1項に記載の波長変換方法。
6. 気体が、希ガス、酸素ガス、または炭酸ガスのいずれかを主体とす  
20る気体であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の波長変換方法  
。
7. 非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気と  
なる、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、アルゴンガスを主  
体とする気体であることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の波長変  
25換方法。
8. 光を非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換装置において、

前記非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気を、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体とする手段を備えたことを特徴とする波長変換装置。

9. 非線形光学結晶を窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体で覆う  
5 手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第8項に記載の波長変換装置。

10. 非線形光学結晶の波長変換される光が入射する面に接する雰囲気と、波長変換された光が出射する面に接する雰囲気とを、異なる成分の気体とする手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第8項に記載の波  
10 長変換装置。

11. 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体は、窒素元素を含むガスの体積含有率が10%以下の気体であることを特徴とする請求の範囲第8項に記載の波長変換装置。

12. 非線形光学結晶が、セシウムを含む結晶であることを特徴とする  
15 請求の範囲第8項に記載の波長変換装置。

13. 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、希ガス、酸素ガス、または炭酸ガスのいずれかを主体とする気体であることを特徴とする請求の範囲第8項に記載の波長変換装置。

14. 非線形光学結晶の光が出射する面に接する雰囲気となる、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、アルゴンガスを主体とする気体  
20 であることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の波長変換装置。

15. 波長変換の光源となるレーザ装置と、請求の範囲第8項に記載の波長変換装置とを備えた波長変換レーザ装置。

16. 波長変換の光源となるレーザ装置と、請求の範囲第10項に記載  
25 の波長変換装置とを備えた波長変換レーザ装置。

17. 加工機と、加工光源となる請求の範囲第15項に記載の波長変換

レーザ装置とを備えた波長変換レーザ加工機。

18. 加工機と、加工光源となる請求の範囲第16項に記載の波長変換

レーザ装置とを備えた波長変換レーザ加工機。

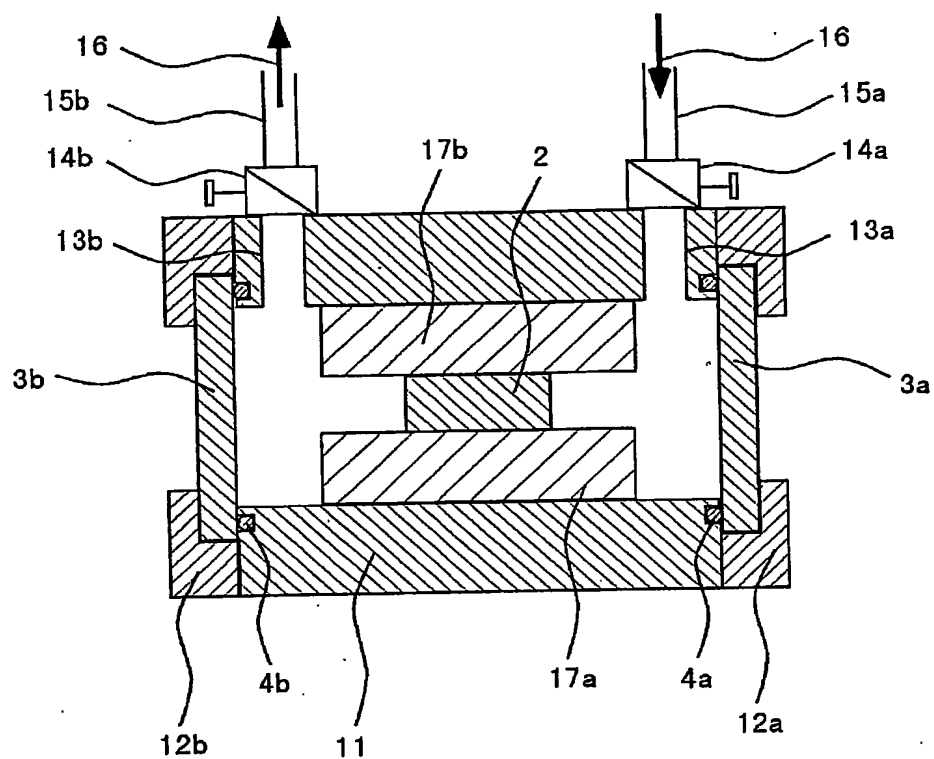
## 要 約 書

- 非線形光学結晶によって波長変換された光を長期間安定に発生することのできる波長変換方法および波長変換装置、並びにそれを用いた波長
- 5 変換レーザ装置およびレーザ加工機を提供する。

- 本発明の波長変換方法は、非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気を、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体にして波長変換するものである。また、本発明の波長変換装置は、非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気を窒素元素の
- 10 含有率が空気よりも小さい気体とする手段を備えたものである。また、本発明の波長変換レーザ装置およびレーザ加工機は、上記の波長変換装置を備えたものである。

第 1 図

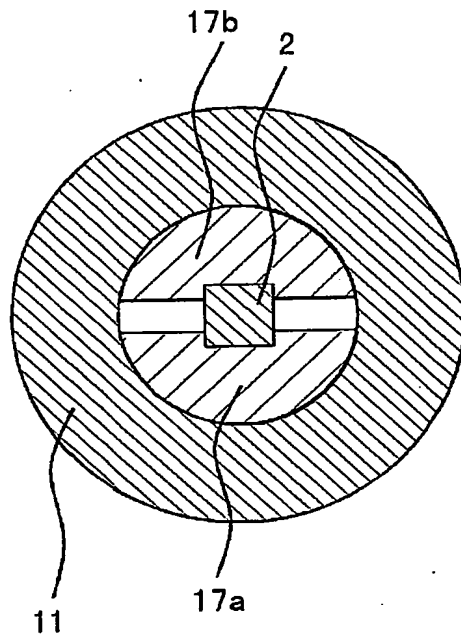
7a



2/10

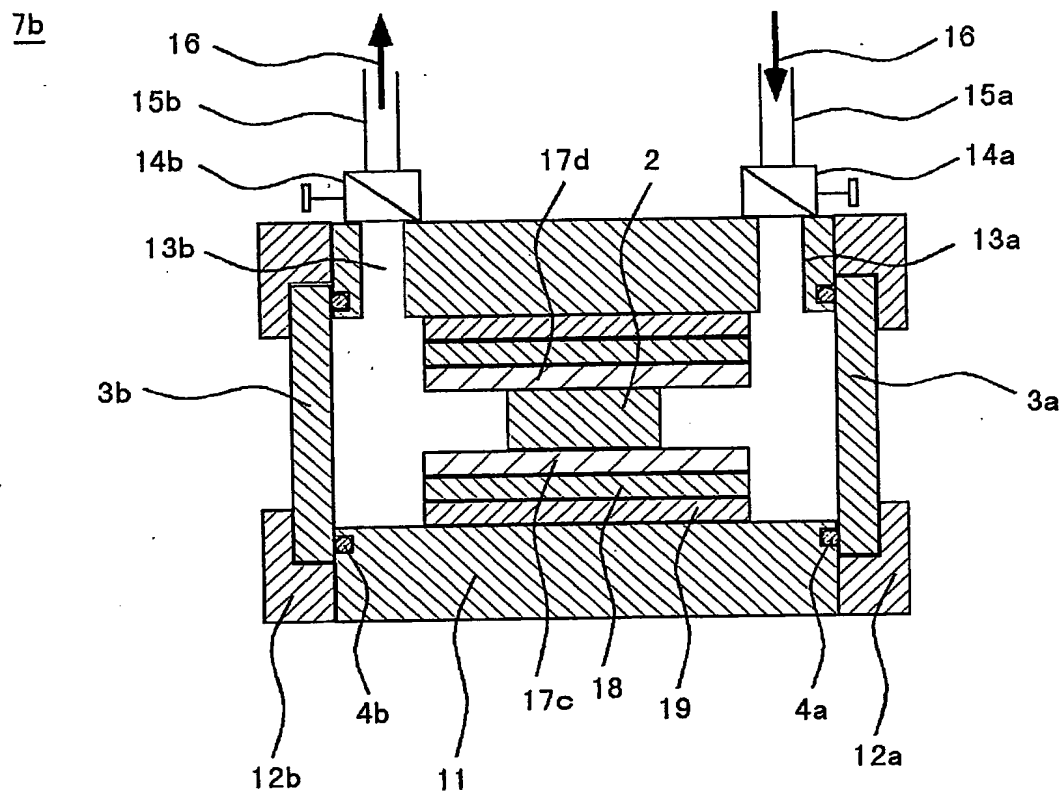
第 2 図

7a





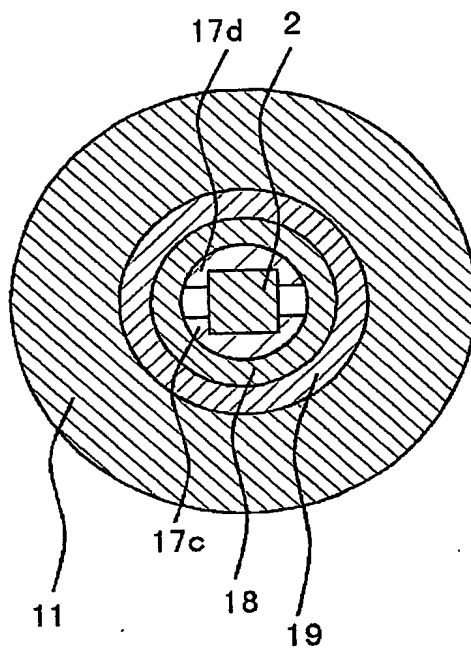
第 3 図



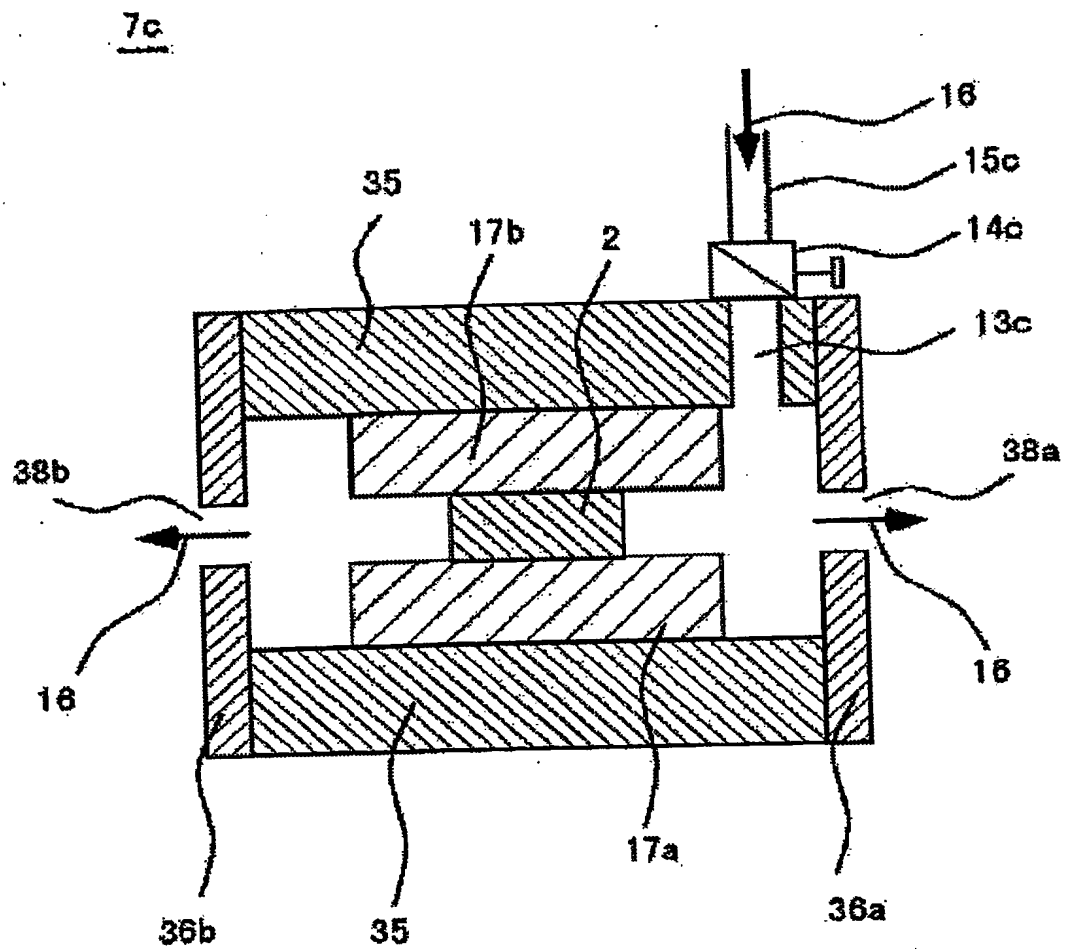
4 / 1 0

第 4 図

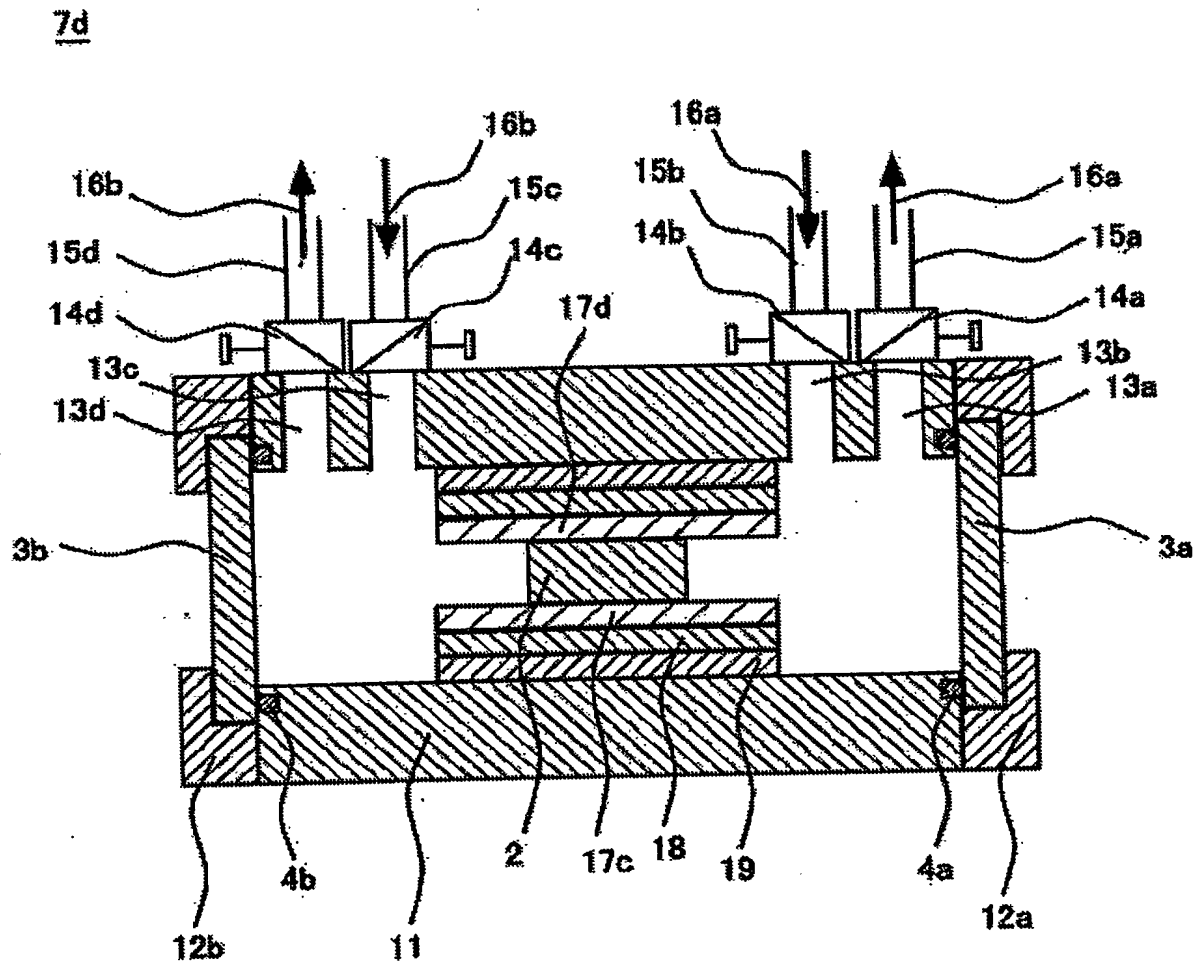
7b



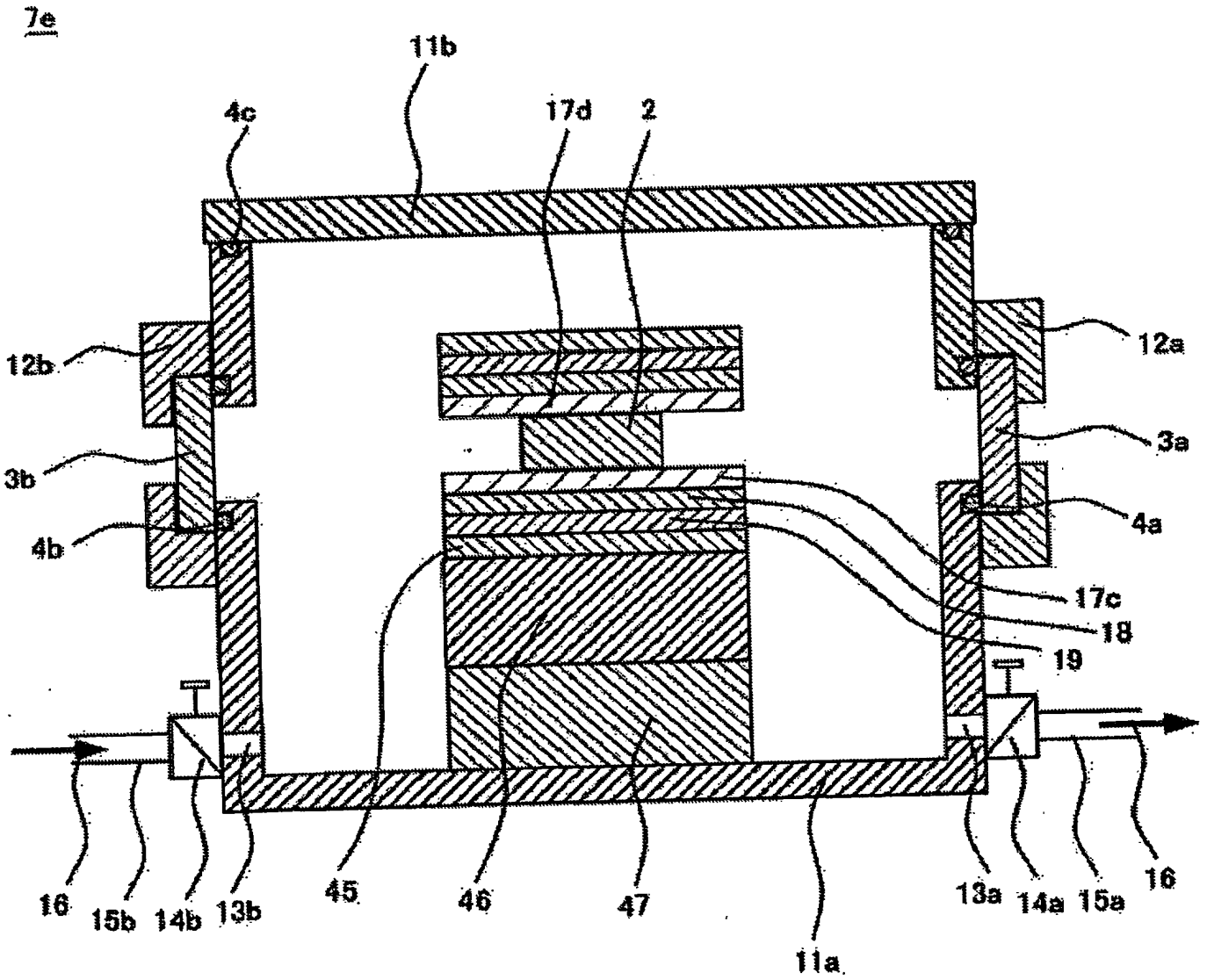
第 5 図



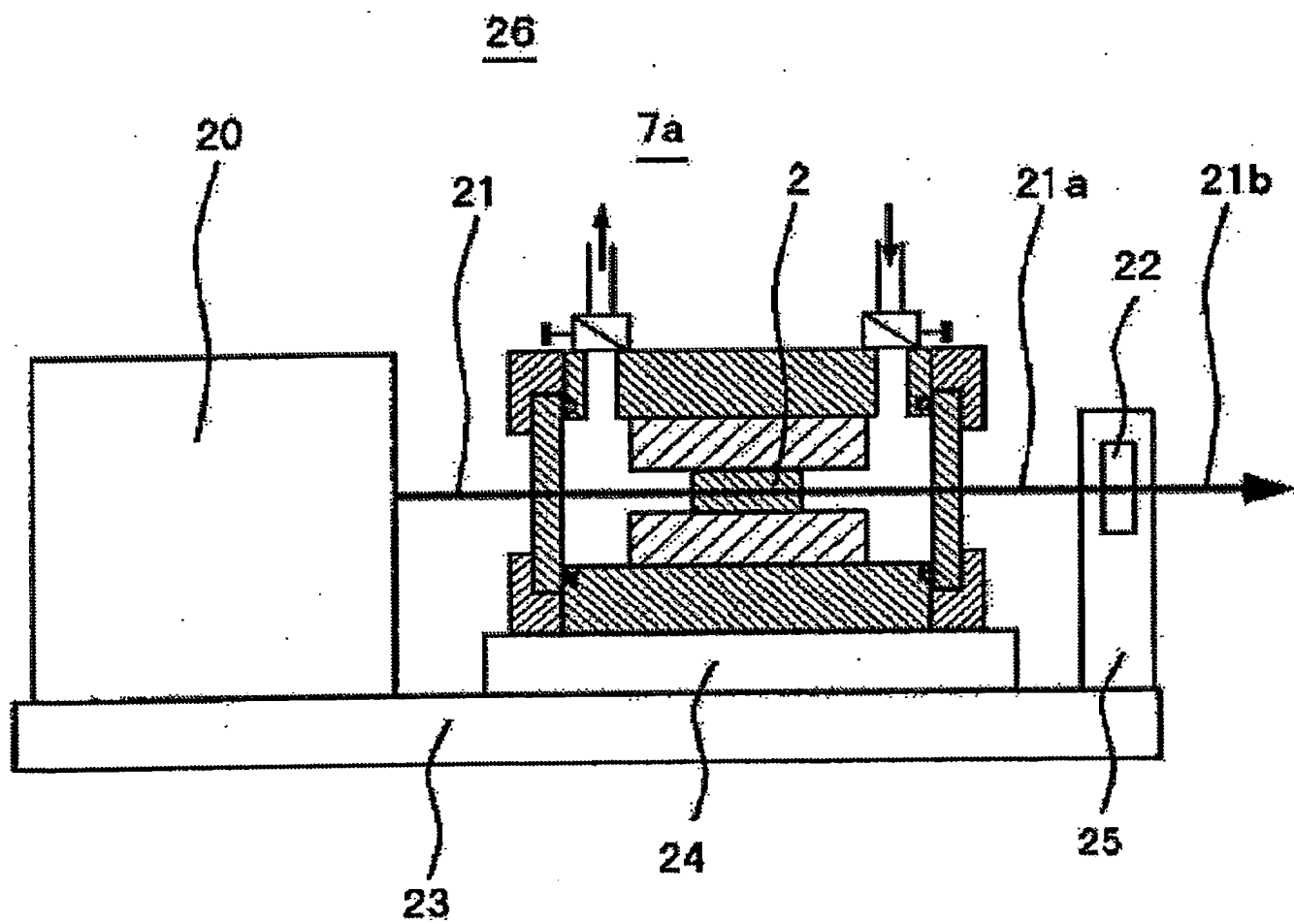
第 6 图



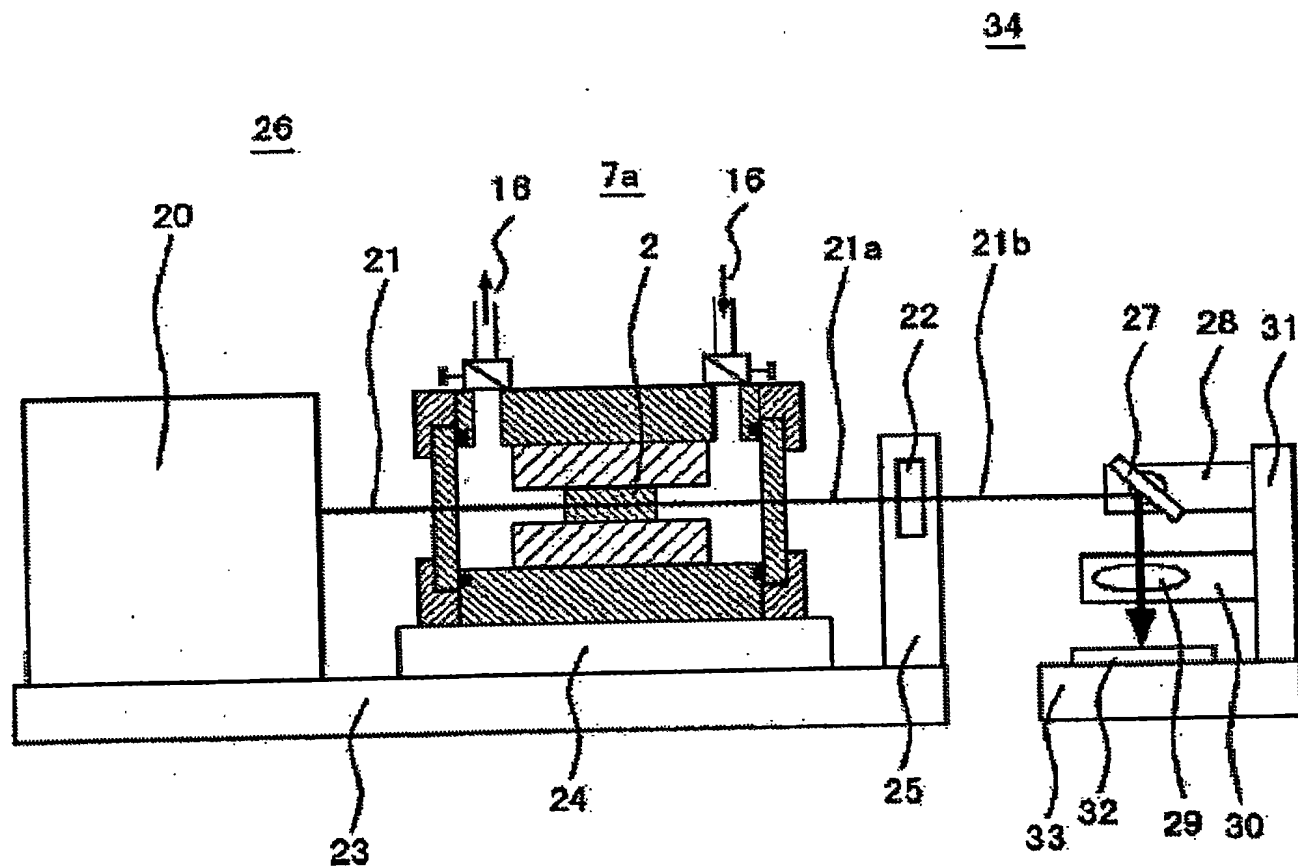
第 7 图



第 8 图



第 9 図



10/10

第 10 図

